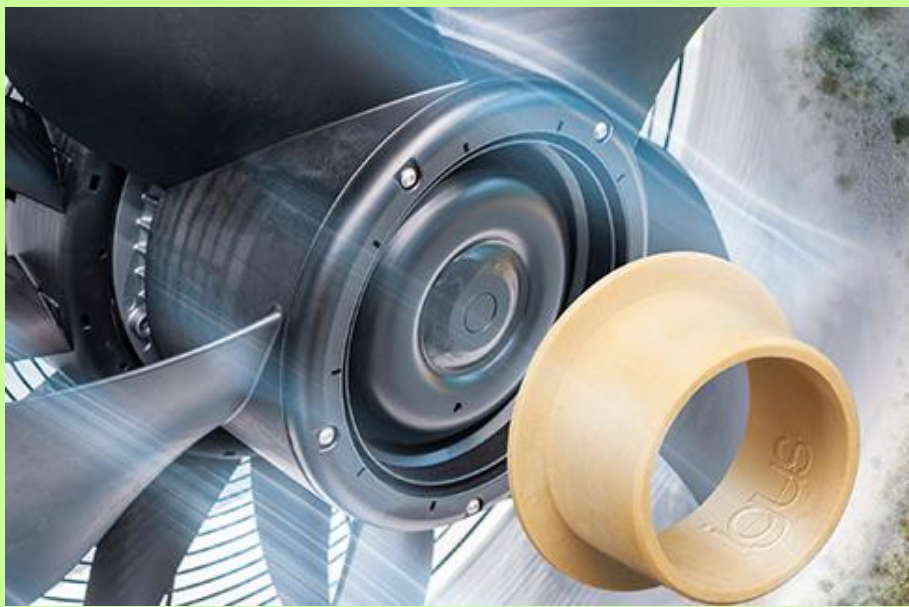


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



## Підшипники ковзання

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
як навчальний наочний посібник для здобувачів ступеня бакалавра  
за спеціальностями  
131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування»*

Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2019

Підшипники ковзання. Навчальний наочний посібник [Електронний ресурс]: для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальностями 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» уклад.: А. К. Скуратовський .–Електронні текстові данні 1файл: 10,7 МБ – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 38 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
(протокол № 3 від 28.11. 2019 р.)  
за поданням Вченої ради Механіко-машинобудівного інституту  
(протокол № 4 від 26.11. 3019 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

Укладач: ***Скуратовський Анатолій Кирилович***

кандидат технічних наук, доцент  
кафедри лазерної техніки  
та фізико-технічних технологій  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Відповідальний редактор: ***Головко Л.Ф.***

доктор технічних наук, професор  
кафедри лазерної техніки  
та фізико-технічних технологій  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Рецензенти: ***Шевченко О.В.***

доктор технічних наук, професор  
кафедри конструювання верстатів і машин  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

***Радько О.В.***

кандидат технічних наук, доцент  
кафедри машинознавства  
Аерокосмічного інституту НАУ

УДК 621.822.1.

Навчальний наочний посібник містить описи підшипників ковзання, які проілюстровані реальними зображеннями. Призначений для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальностями: 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування». Буде також корисним викладачам технічного спрямування.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019

## ЗМІСТ

### *Передмова*

<b>1. Радіальні підшипники ковзання .....</b>	<b>5</b>
1.1. Рознімні радіальні підшипники ковзання.....	5
1.2. Сегментні радіальні підшипники ковзання .....	8
1.3. Нерознімні радіальні підшипники ковзання.....	9
1.4. Підшипники ковзання з деревини .....	12
1.5. Антифрикційні втулки радіальних підшипників ковзання.....	14
<b>2. Шарнірні (сферичні) підшипники ковзання .....</b>	<b>31</b>
2.1. Шарнірні головки (накієчники штоків).....	35
2.2. Кульові шарніри (накієчники з цапфою).....	36
<b>ЛІТЕРАТУРА.....</b>	<b>38</b>



## Передмова

П І Д Ш И П Н И К      К О В З А Н Н Я		
	<i>Визначення українською мовою</i>	<i>Підшипник, який виконує робочі функції на основі тертя ковзання</i>
	<i>Термін українською мовою</i>	ПІДШИПНИК КОВЗАННЯ
	<i>Термін англійською мовою</i>	PLAIN BEARING
	<i>Термін російською мовою</i>	ПОДШИПНИК СКОЛЬЖЕНИЯ
	<i>Термін німецькою мовою</i>	GLEITLAGER
	<i>Термін французькою мовою</i>	PALIER A FROLEMENT DE GLISSEMENT
	<i>Позначення стандарту</i>	<b>ДСТУ 3012-95</b>
	<i>Назва стандарту</i>	<i>Підшипники кочення та ковзання. Терміни та визначення</i>

**Підшипник ковзання**—це опора механізму чи машини, в якій тертя відбувається при ковзанні спряжених поверхонь.

Підшипники ковзання застосовують в таких випадках:

- для опор вала ( $\omega > 500$  рад/с ), у режимах роботи яких довговічність підшипників кочення досить низька;
- для валів та осей, до яких ставляться високі вимоги щодо точності монтажу і забезпечення постійності осей обертання;
- для валів великого діаметра через відсутність стандартних підшипників кочення;
- у випадках, коли підшипники за умовами складання машини повинні бути роз'ємними (наприклад опори колінчастих валів);
- при роботі підшипників у воді або агресивному середовищі, де підшипники кочення не роботоздатні;
- при потребі малих діаметральних розмірів, наприклад, для близько розміщених паралельних валів;
- для тихохідних валів та осей невідповідальних механізмів, де підшипники ковзання простіші за конструкцією і дешевші, ніж підшипники кочення.

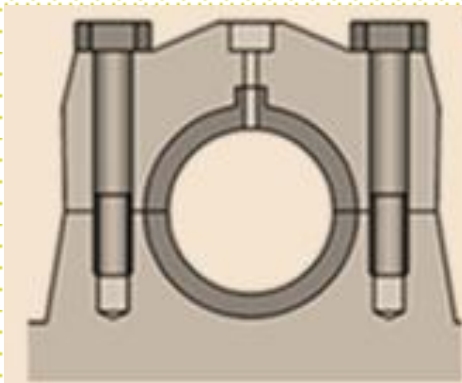


## 1. РАДІАЛЬНІ ПІДШИПНИКИ КОВЗАННЯ

Радіальний підшипник ковзання (plain journal bearing, journal bearing) сприймає навантаження, спрямоване перпендикулярно до осі обертання. При всьому різноманітті принцип їх будови полягає в тому, що між корпусом і валом встановлюється **вкладок** (plain half bearing) – змінна деталь, внутрішня поверхня якої є поверхнею тертя, що охоплює не більше  $180^\circ$  дуги поперечного перерізу шийки вала, або **втулка** (plain bearing buch) – змінний трубчастий елемент, в якому внутрішня поверхня є робочою поверхнею підшипника ковзання. Підшипники ковзання в залежності від виконання поділяють на рознімні і нерознімні.

### 1.1. Рознімні підшипники ковзання

Рознімний підшипник ковзання складається з основи корпусу, кришки і вкладків. Кришка скріплюються з основою корпусу за допомогою болтів. Такі підшипники зручні при монтажі і спрощують регулювання зазорів між кришкою і основою корпусу.



Вкладки підшипників ковзання бувають товстостінними і тонкостінними. Товстостінні забезпечують високий рівень жорсткості. Сфера їх застосувань: турбіни, редуктори, турбокомпресори, вентилятори, вертикальні генератори, електромашини або турбоагнітачі.



*Вкладки моторно-осьового підшипника ковзання локомотива  
Джерело: ОП ЗАО «Вагон-Сервис»*

Тонкостінні вкладки застосовують в поршневих двигунах внутрішнього згорання для корінних, шатунних і крейцкопфних підшипників.



*Екологічні безсвинцеві вкладки компанії Federal-Mogul*



**Вкладки жорсткого опорного підшипника** відливають зі сталі або високоякісного чавуну і з внутрішньої сторони заливають бабітом марки



Б-83. Найкращі результати дає відцентровий залив, при якому розплавлений бабіт заливають у вкладки, що обертається на верстаті. Відцентрова сила відкидає і притискає бабіт до поверхні вкладки дуже щільним і рівним шаром, який можливо виконати з мінімальним припуском на обточування. Цей спосіб

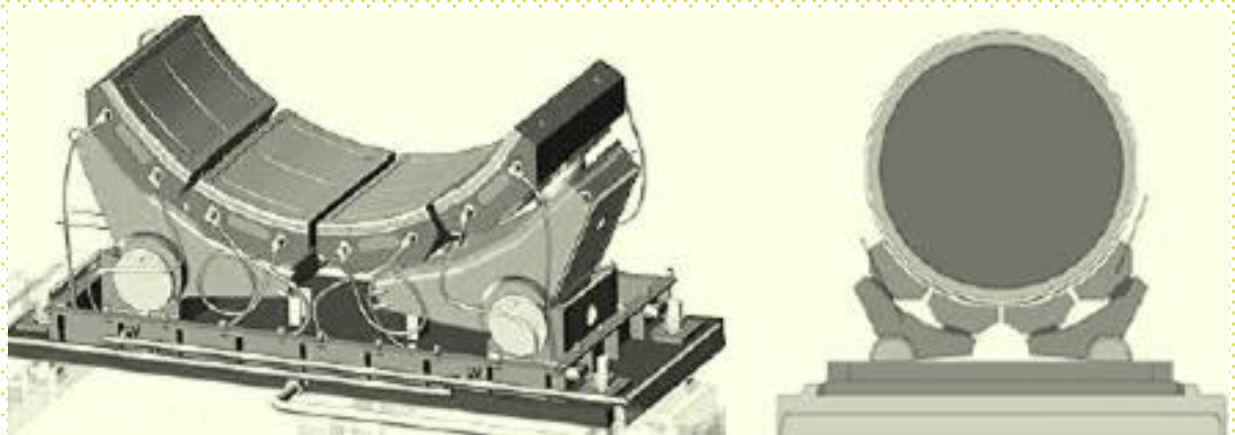
крім високої якості заливання дає істотну економію бабіту.

**Перезаливання підшипників ковзання бабітом** виконується в ході їх ремонту. Перед перезаливанням попередній шар бабіту видаляється, поверхня очищається від бруду, іржі, промивається, висушується і знежирюється. Потім проводять лудіння і нанесення флюсу. Для заливання використовують олов'яний або свинцевий бабіт.



## 1.2. Сегментні радіальні підшипники ковзання (tilting-pad journal bearing)

Характерна риса цих підшипників в тому, що їх конструкція рознімна і це забезпечує простоту установки. Такі підшипники використовують у дуже навантажених вузлах (кульові млини) для запобігання виникненню вібрацій валів. Вони являють собою самоустановну балансірну шарнірну систему, яка забезпечує рівномірний розподіл навантаження по всій поверхні контакту кожного сегмента з робочою поверхнею цапфи, що дозволяє компенсувати овальність і неспіввісність цапф, забезпечуючи рівномірне спрацювання бабіту по всій поверхні сегментів.

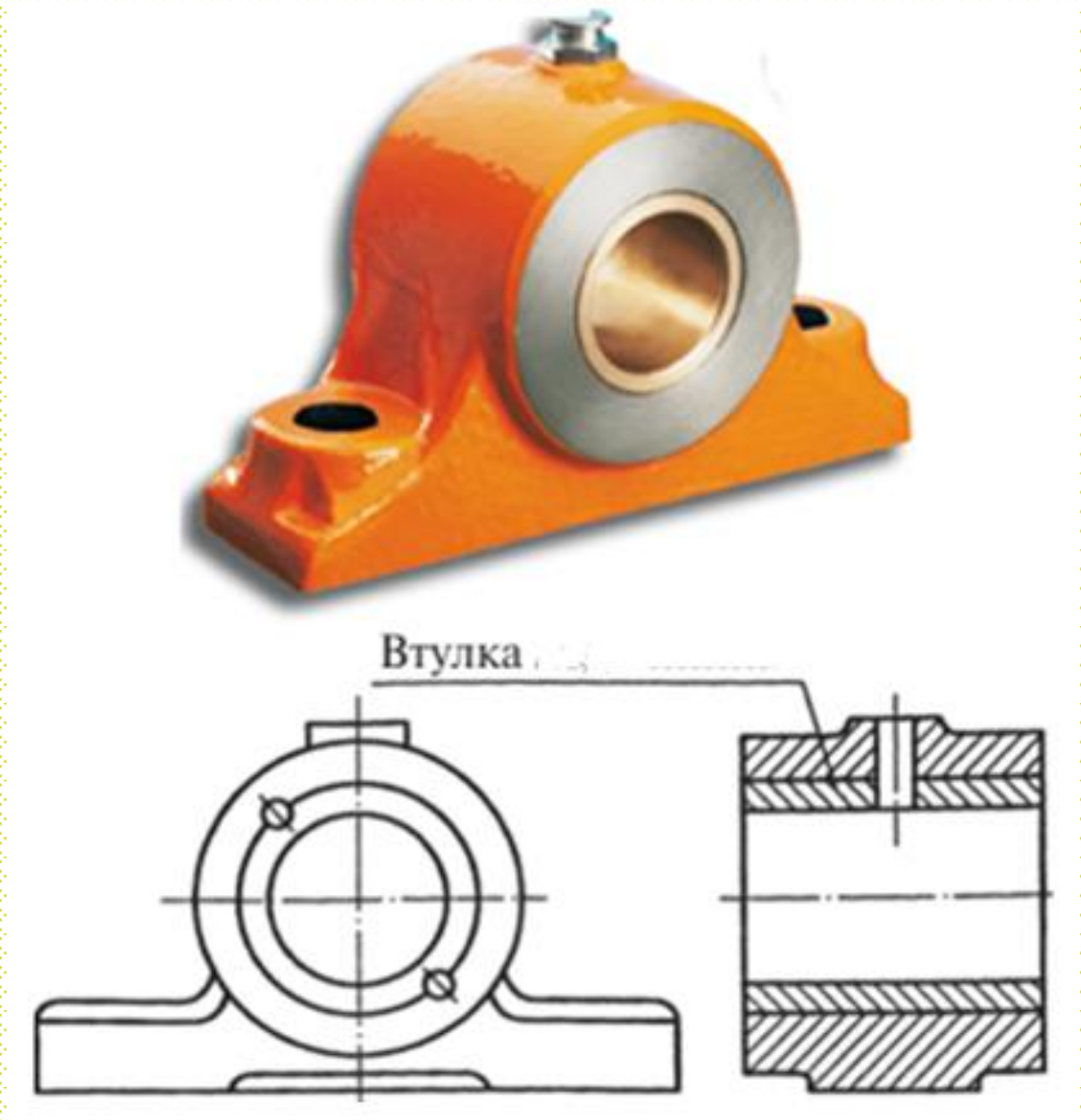


Кожні два сегменти з бабітовою поверхнею ковзання спираються через сферичні опори балансірів, які вільно погойдуються на своїх півосях. Балансірна система дозволяє рівномірно розподіляти навантаження на сегменти, а сферичні опори дають можливість для їх самоустановлення. При установці підшипників пришабрення бабітових вкладишів не проводиться. Подача мастила під тиском здійснюється безпосередньо в зону контакту поверхонь кожного сегмента, що полегшує пуск, запобігає пошкодженню бабітового шару і знижує навантаження на зубчасту пару головного приводу.



### 1.3. Нерознімні підшипники ковзання

Нерознімний підшипник ковзання складається з суцільного корпусу, в який вставлена втулка з антифрикційного матеріалу.

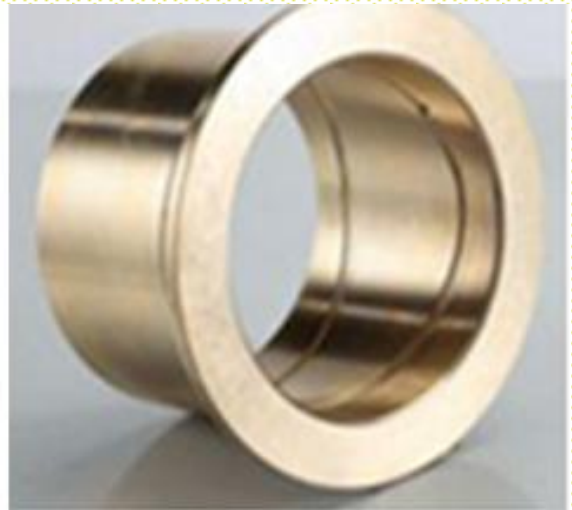


Збирання нерознімного підшипника полягає в запресовуванні втулки в корпус, стопоріння її від провертання і припасуванні отворів по валу. Втулка повністю або частково складається з антифрикційних матеріалів, які дозволяють максимально знизити коефіцієнт тертя.

За формою втулки бувають циліндричні і фланцеві (буртові). Фланцеві композитні втулки сухого ковзання практично нічим не відрізняються від втулок основного конструктивного виконання за винятком власне фланця, який виконує роль упорної шайби.



*Втулка циліндрична*



*Втулка фланцева*



Циліндричні втулки ковзання сприймають тільки радіальні навантаження, а фланцеві (буртові) – радіальне і односпрямоване осьове. Конструктивно втулки можуть бути монолітними або згортними.

Згортна втулка підшипника ковзання (**wrapped bearing bush**) виготовляється згортанням стрічки з одношарового чи багат шарового підшипникового матеріалу. Вона гнучка, її роз'єм може бути відкритий.



В вільному стані вона не відповідає циліндричному профілю, тому її зовнішній діаметр вимірюють за допомогою спеціального вимірювального шаблона після запресовування.



*Бронзові згортні втулки з матеріалу CuSn8P0i  
з масляними кишнями на робочій поверхні*



#### **1.4. Підшипники ковзання з деревини**

Дерев'яні підшипники ковзання виготовляються з порід деяких дерев з високою щільністю, які називаються «залізні дерева». Вони успішно застосовуються в робочих органах різних машин, наприклад, в мукомольному виробництві в якості опор для шнеків подачі борошна, в бавовноочисному обладнанні. У зернозбиральному комбайні шийку вала соломотряса підтримує підшипник, складений з двох скріплених половинок, які склеєні з дерев'яних пластин, укладених зі змінним напрямком волокон деревини. Для надання антифрикційних властивостей підшипник просочений мастилом. При зносі дерев'яні підшипники замінюються новими.



Для опор гребних гвинтів суден використовують гваякум або бакаутове дерево, яке тверде і виділяє природне мастило, що зберігає його від води.



Відомі й інші породи «залізних дерев», але вони менш міцні (кебрачо, паротія перська). На Камчатці і Сахаліні можна зустріти березу Шмідта (відома ще як кам'яна береза). Свою назву береза отримала на честь ботаніка на прізвище Шмідт, який її відкрив. Це дерево росте по схилах ярів біля виходу скель. У такої берези завжди похилений стовбур. Зазвичай він гребінчастий і не перевищує в обхваті вісімдесяти сантиметрів. Ці дерева вважаються довгожителами.





### 1.5. Антифрикційні втулки підшипників ковзання

До основних параметрів, які враховуються при оцінюванні якості втулок, відносяться коефіцієнт тертя, стійкість до ударних навантажень, максимально допустимий тиск, швидкість руху частин механізму, що труться і можливість роботи з валом, виготовленим з незагартованої сталі. Для виготовлення втулок підшипників ковзання застосовують різноманітні антифрикційні матеріали: - бабіти, бронзи, антифрикційні чавуни, мідні сплави, металокераміка, неметалеві матеріали (текстоліт, полікарбонат, капролон, тефлон, деревина), вуглеграфіти та інш. **Бабіти** застосовуються у вигляді шару, залитого по корпусу втулки з бронзи, латуні, сталі або чавуну.



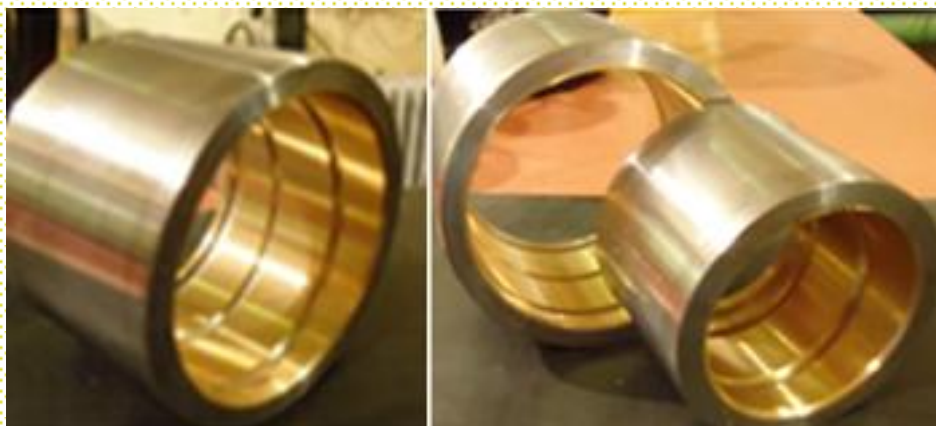
**Втулки з бронзи** виготовляють монометалічними і біметалічними. Бронзи з підвищеною кількістю свинцю без олова або з оловом використовуються в якості антифрикційного шару для біметалічних втулок.



Для виготовлення згортних втулок застосовують олов'яні бронзи, які легко деформуються. В якості антифрикційних матеріалів застосовують також



латуні (сплави міді з цинком і іншими металами). Властивості сплаву визначають сферу його застосування. Широке використання бронзових сплавів для виробництва втулок пояснюється їх антифрикційними властивостями, механічною міцністю, стійкістю до корозії і дії агресивних реагентів, високою теплопровідністю, здатністю до утримання мастила і низьким коефіцієнтом тертя.



Бронзові втулки, виготовлені з використанням фосфору, мають високі антифрикційні властивості, тому застосовуються для механізмів з великими навантаженнями (генератори, турбіни, електродвигуни).



*Підшипники ковзання лопаток напрямного апарата для ГЕС.*

Сплави бронзи з добавками заліза і алюмінію мають високу ударну міцність і використовуються в механізмах із змінними навантаженнями (в компресорах, двигунах внутрішнього згоряння).



Монометалічні бронзові втулки (БрА9Ж3Л) виготовляють методом відцентрового виливання з наступним механічним обробленням.





**Чавунні втулки** застосовують в маловідповідальних тихохідних механізмах ( $v < 5$  м/с). Одним з найбільш сучасних антифрикційних матеріалів, є антифрикційний чавун марки АЧ. Спеціальні змащувальні властивості чавуну надають мідь, графіт і особлива його мікроструктура.

Технологія отримання АЧ передбачає видалення шкідливих домішок і легування сірого чавуну спеціальними елементами (мідь, нікель, титан, магній, алюміній, хром, марганець, кремній) .При цьому співвідношення сплаву становить приблизно 92% чавуну і 8% легуючих добавок.



**Графітові самозмащувальні втулки Metcar** розроблені з особливої суміші на основі графіту для роботи у важких умовах без змащення і максимальних температурах від 180 до 540 °С в окислювальних середовищах і від 180 до 3300 °С в неокислювальних середовищах. При такому сильному нагріванні підшипники кочення і більшість металічних підшипників ковзання виходять з ладу (заклинюють і плавляться), а полімерні і композитні підшипники деформуються і обвуглюються.





**Втулки ZOLLERN** застосовуються для установки поршневих пальців 4-тактних двигунів внутрішнього згоряння і крейцкопфів, кулачкових і розподільних валів, проміжних валів, коромисел клапанів і таких допоміжних агрегатів як насоси. Випускаються з різних матеріалів. Виробляються методом комбінованого відцентрового лиття із сталі/олов'яниста бронза або сталі/бабіту, а також з біметалічної стрічки зі зварним стиком.



**Втулки з намоткою компанії SKF** випускаються у вигляді прямих втулок, взаємозамінних за розмірами з цільними бронзовими або стальними втулками. Вони мають відмінні характеристики сухого ковзання, а поверхня ковзання з низьким коефіцієнтом тертя не вимагає додаткового змащення.



Ці втулки забезпечують роботу без технічного обслуговування навіть в екстремальних умовах і в агресивних середовищах. Виготовляються з

самозмащувального композиту. Основа складається з намотаних високоміцних натягнутих скляних волокон. Унікальний ковзний поверхневий шар складається з високоміцного поліестеру і політетрафторетилену. Обидва шари, які вбудовані в матрицю з епоксидної смоли і міцно прикріплені один до одного, виготовлені шляхом намотування у вигляді хрест-навхрест нескінченних пасм.

### **Втулки з антифрикційних вуглепластиків**

(матеріали УГЕТ і ФУТ) застосовуються в підшипниках ковзання змащуваних водою, агресивними рідинами і мастилами, що працюють при контактних тисках до 60 МПа і швидкостях ковзання до 40 м/с в парі з контртілами з бронзи, сталі, титанових сплавів і кераміки. Область використання: суднобудування, машинобудування, енергомашинобудування.

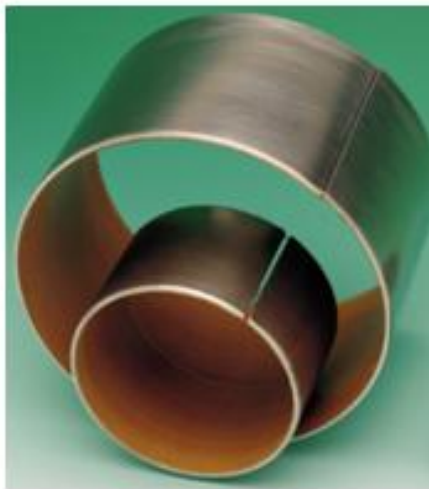


**Полімерні втулки iglidur®** виготовляються з високоякісного матеріалу, розробленого фахівцями компанії **IGUS**. За формою полімерні втулки можуть бути без фланця або з фланцем. Вони здатні працювати без змащення, витримувати температуру до  $+250^{\circ}\text{C}$ , працювати під водою, мають низький коефіцієнт тертя, стійкі до багатьох хімічних речовин.

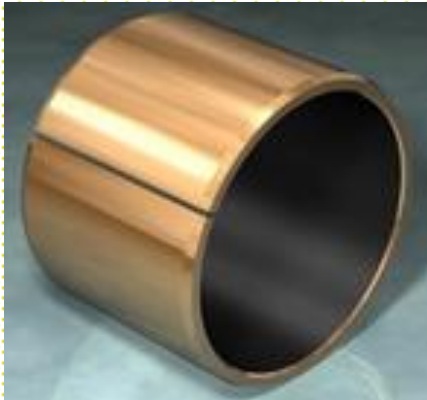




**Композитні втулки сухого ковзання** забезпечують механічну стійкість з мінімальними коефіцієнтами тертя без додаткового змащення. Завдяки хорошим характеристикам ковзання і компактній конструкції вони особливо підходять для підшипникових вузлів, де потрібна робота без техобслуговування, існує ризик недостатнього змащування.

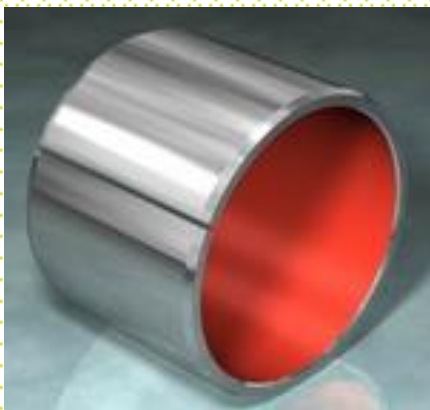


### Втулки НМГ-11



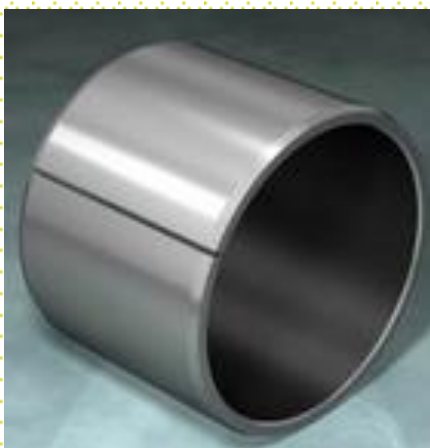
виготовляються з багатошарового композитного матеріалу, до складу якого входять: PTFE (політетрафторетилен (тефлон) + MoS<sub>2</sub>) - припрацьовочна поверхня товщиною 0,01 ÷ 0,04 мм, шар спеченої бронзи 0,20 ÷ 0,35 мм, основа з бронзи (CuSn8) 0,25 ÷ 2,70 мм. Використання в якості основи бронзи, а не сталі, дозволяє застосовувати підшипники з НМГ-11 навіть в солоній воді. З цього матеріалу виготовляються циліндричні і фланцеві втулки.

### Втулки НМГ-30



призначені для використання при високих навантаженнях і мають максимальну стійкість до корозії. Антифрикційний шар з PTFE, нанесений безпосередньо на основу з високоякісної сталі AISI 316, надає матеріалу високу стійкість до впливів навколишнього середовища. Підшипники особливо зручні в застосуванні у шкідливих хімічних середовищах, кислотах, лугах і окислювачах.

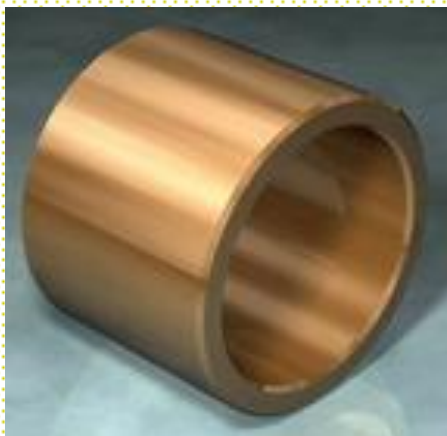
### Втулки НМГ-50



виготовляються з багатошарового композитного матеріалу. Склад матеріалу: припрацьовочна поверхня з PTFE (політетрафторетилен (тефлон) + MoS<sub>2</sub>) товщиною 0,01 ÷ 0,04 мм, шар спеченої бронзи 0,20 ÷ 0,35 мм, сталева основа 0,25 ÷ 2,70 мм з низьким вмістом вуглецю. Проміжний шар спеченої бронзи забезпечує надійне зчеплення між шарами, покращує відведення тепла.

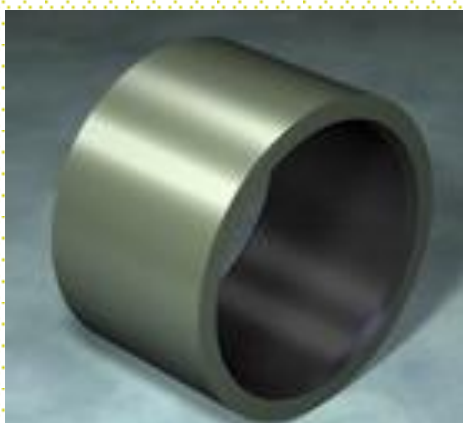


### Втулки HMG-SNF-11



виготовляються з порошкової бронзи, насиченої мастилом. Насичення мастилом є фінальною стадією виготовлення. Пориста структура з спеченої бронзи дозволяє зберігати мастило, поступово дозуючи його в процесі експлуатації.

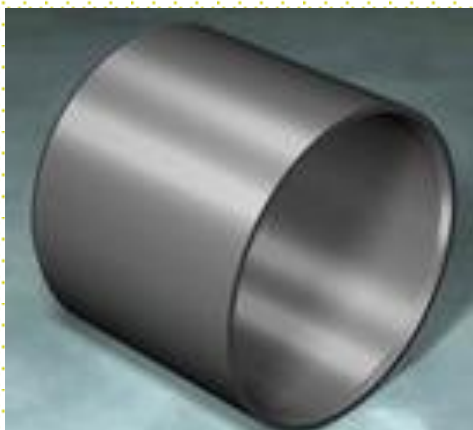
### Втулки HMG-CRG



політетрафторетилену.

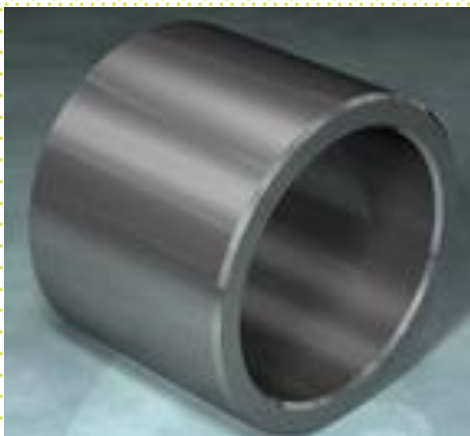
Високоміцна основа виконана зі скловолокна. Поверхня ковзання виготовлена з PTFE і полімерних волокон. Обидва шари покриті епоксидною смолою. Такий підбір компонент поєднує в собі особливі механічні властивості скловолокна і високоміцних полімерних волокон з ковзними властивостями

### Втулки HMG-EPB



виготовляються з термопластичного матеріалу з ґратами з волокон, заповнених твердими мастильними матеріалами. Тверді мастильні матеріали знижують коефіцієнт тертя і дозволяють використовувати матеріал при наявності абразивних частинок.

### **Втулки SNF-31**



виготовляються з порошкового заліза, насиченого мастилом. Насичення мастилом є фінальною стадією виготовлення. Пориста структура з спеченого заліза дозволяє зберігати мастило, поступово дозуючи його в процесі експлуатації.

### **Втулки HMG-T90,09T**



Втулка виконана повністю із бронзи (CuSn8P). Головна відмінність-це наскрізні отвори по всій площі втулки, що дає додаткові можливості для більш якісного змащування в процесі роботи.

### **Втулки HMG-650**



виготовляються із бронзи з інтегрованим в неї твердотілим мастильним матеріалом (графіт). Основне застосування в вузлах з високими навантаженнями і малими швидкостями. Не вимагають спеціального обслуговування, стійкі до корозії, мають широкий діапазон робочих температур.



### **Втулки з вольфрамових твердих сплавів**

Виготовляються з застосуванням вакуум-компресійного спікання, що практично усуває залишкову пористість в матеріалі. Висока міцність сплавів значно знижує ймовірність розтріскування виробів в процесі експлуатації. Висока корозійна стійкість забезпечує здатність працювати в агресивних рідинах, наприклад, в пластових рідинах при видобутку нафти і газу.



### **Втулки з безвольфрамових трибологічних керметів,**

Основу втулок становить карбід або карбонітриду титану. Вони призначені для радіальних підшипників тертя в насосах по перекачуванню різноманітних рідин, морської води, пластової рідини при видобутку нафти і газу, а також забрудненої абразивними частками води.



## **Втулки Тордон Композит**

це двошарові полімерні втулки, які спеціально розроблені для водних середовищ із значним забрудненням абразивними частинками. Матеріал внутрішнього ліскування - GM 2401 (чорний) - залитий в жовту втулку з матеріалу тордон, яка додає жорсткість всій конструкції. У порівнянні з гумометалевими має більш низький коефіцієнт тертя, більшу жорсткість і термін експлуатації.





## Втулки для підшипників бурових платформ

Застосовуються для нафтовидобувних платформ і плавучих нафтопромислових платформ (ПНП = англ. FPSO):



### Втулки для кормового підшипника гребного валу

виконують з вискоеластичного полімеру. Підшипникова система COMRAS використовує морську воду в якості мастильної речовини замість мастила. Морська вода забирається з моря, прокачується через підшипники гребного валу і повертається в море. Для більш раннього утворення гідродинамічної плівки між валом і втулкою нижня (навантажена) її частина виконана гладкою, а у верхній половині прорізані канавки для забезпечення потоку водяного мастила (охолоджувача).





### Підшипники для фрезерних землесосів

Підшипники Marom для вала фрези землесосів (ФЗ) відрізняються зносостійкістю і простотою заміни. Вони виготовляються з нитрильної гуми особливого складу, їх заміну можна проводити без демонтажу вала.



Втулки палубного обладнання землесосів



## Втулки напрямних підшипників вала гідротурбіни

Неметалеві полімерні підшипники Thordon спеціально розроблені для забезпечення стійкості до зношування в умовах абразивно-навантаженої води. Вони зношуються повільніше, ніж гумові. Тривалий термін служби до повного зносу і більш низькі витрати на обслуговування забезпечують в кінцевому підсумку більш низькі витрати.



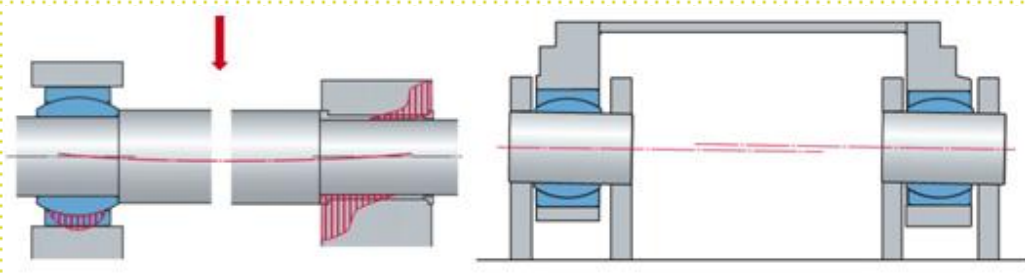
## 2. ШАРНІРНІ (СФЕРИЧНІ) ПІДШИПНИКИ КОВЗАННЯ



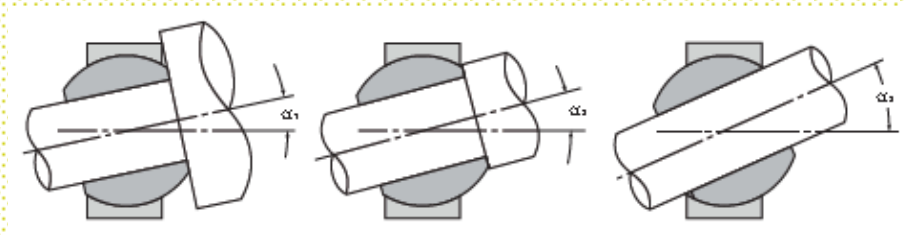
Шарнірний підшипник ковзання складається з двох дотичних кілець, одне з яких має сферичну зовнішню робочу поверхню і встановлено всередині другого кільця, що має сферичну внутрішню робочу поверхню.

	<p><math>d</math> - номінальний діаметр отвору внутрішнього кільця</p> <p><math>D</math> - номінальний діаметр і циліндричної поверхні зовнішнього кільця</p> <p><math>d_1</math> - діаметр перетину сфери з торцем внутрішнього кільця підшипника</p> <p><math>d_2</math> - діаметр сфер кілець підшипника</p> <p><math>C</math> - ширина внутрішнього кільця підшипника</p> <p><math>B</math> - ширина зовнішнього кільця підшипника</p> <p><math>r</math> - номінальна координата монтажної фаски</p>
--	--

Шарнірні підшипники призначені для передачі радіальних, осьових і комбінованих навантажень в рухомих або нерухомих з'єднаннях машин і механізмів при недостатньо жорстких валах і корпусах; в опорах, рознесених на великі відстані; в опорах, розташованих в різних корпусах, коли важко забезпечити точну співвісність (промислові роботи, конвєсери, гідроциліндри будівельної та гірничодобувної техніки, підйомні крани, виловні навантажувачі, текстильні і папероробні машини). У рухомому з'єднанні шарнірні підшипники працюють при взаємному переміщенні одного кільця відносно іншого, як правило, в коливальному режимі з невеликим кутом перекосу. У нерухомому з'єднанні вони працюють при періодичних одиничних відносних зрушеннях кілець і призначені, головним чином, для компенсації неспіввісності вала і корпуса.



Кут бокового нахилу між кільцями підшипника залежить від форми вала:



В даний час існує широкий діапазон конструктивних виконань сферичних підшипників ковзання з різними поєднаннями контактних поверхонь ковзання, які умовно розділяють на два типи:

1. Шарнірний підшипник «сталь-по-сталі» (що вимагає технічного обслуговування повторним змащуванням). Поверхні ковзання кілець, виготовлених з високовуглецевої хромистої підшипникової сталі, оброблені фосфатами, після чого сухим способом покриті дисульфідом молібдену.



Для полегшення подачі мастила до поверхонь ковзання в кільцях виконують мастильні канавки і отвори. Для протидії витoku мастила і проникнення пилу вони можуть оснащуватися ущільненнями.



2. Шарнірний підшипник «що не вимагає технічного обслуговування» має поверхню ковзання сталь/органоволокнит, сталь/металофторопласт, або виконані з бронзи з твердим змащувальним матеріалом.

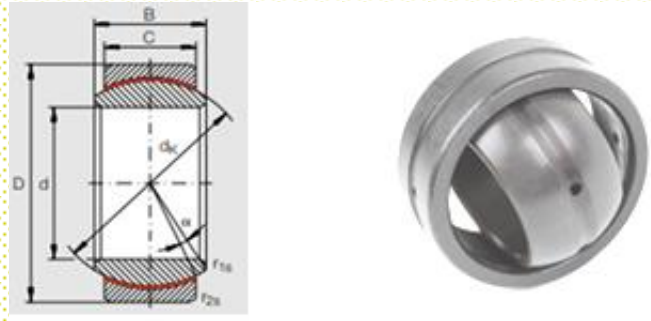


Шарнірні підшипники **igubal**, які виконані з полімерних матеріалів, можуть експлуатуватися без додаткового змащування при температурах від -40° до +240° по Цельсію, мають стійкість до корозії і дії хімікатів.

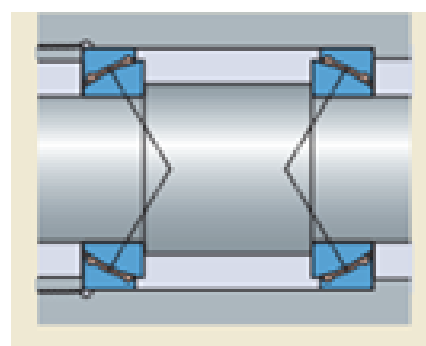
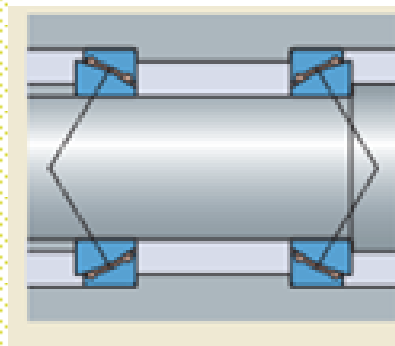
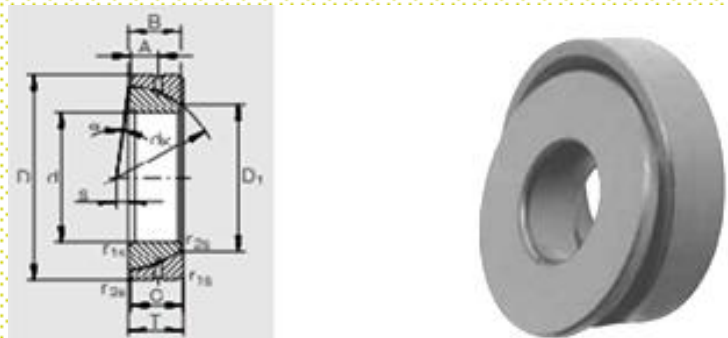


В залежності від напрямку сприйняття навантаження сферичні підшипники ковзання поділяють на:

### **Радіальні** (Radial spherical plain bearings)

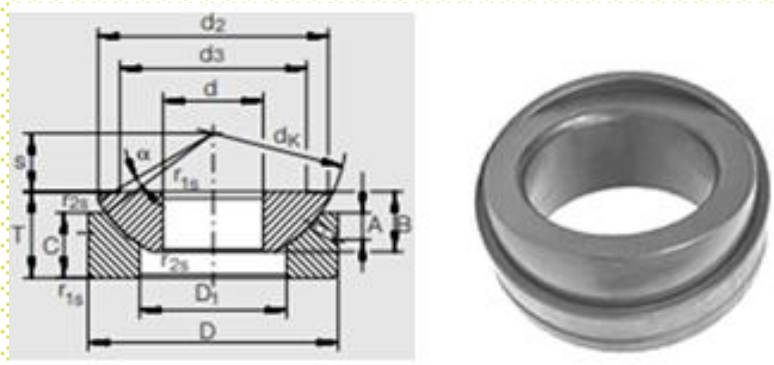


### **Радіально-упорні** (Angular contact spherical plain bearings)



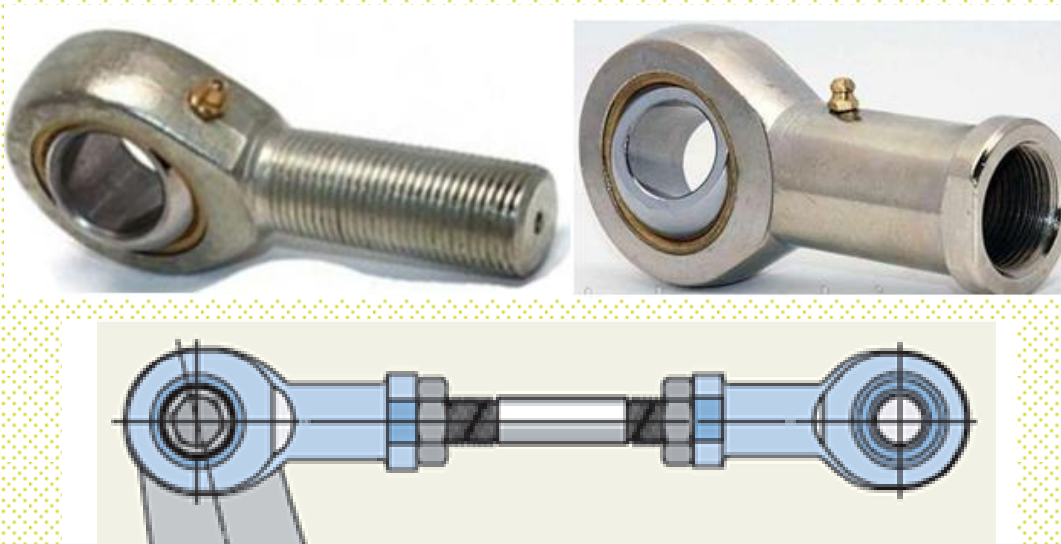
Схеми установки радіально-упорних шарнірних підшипників

### **Упорні** (Axial spherical plain bearings)



## 2.1. Шарнірні головки (накінечники штоків)

Шарнірні головки - це різновид шарнірних підшипників, які здатні сприймати осьові, радіальні, а також комбіновані навантаження в 3-х площинах. Крім того, вони мають функцію самоцентрування, що особливо актуально для ряду пристроїв.



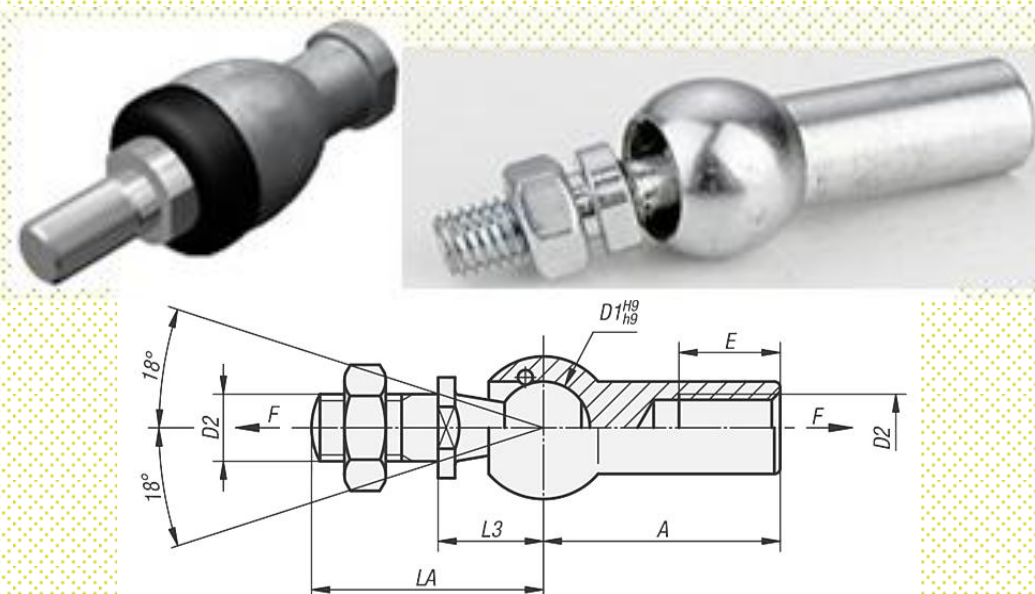
Їх використовують для шарнірного з'єднання валів або тяг, що повертаються менш ніж на один оберт з невеликими швидкостями, або часто змінюють напрямок обертання. Конструктивно виконуються у вигляді головки з хвостовиком. В проушину головки запресовано сферичний підшипник ковзання з різною комбінацією контактних поверхонь, наприклад: сталь/сталь, сталь/бронза, сталь/PTFE.



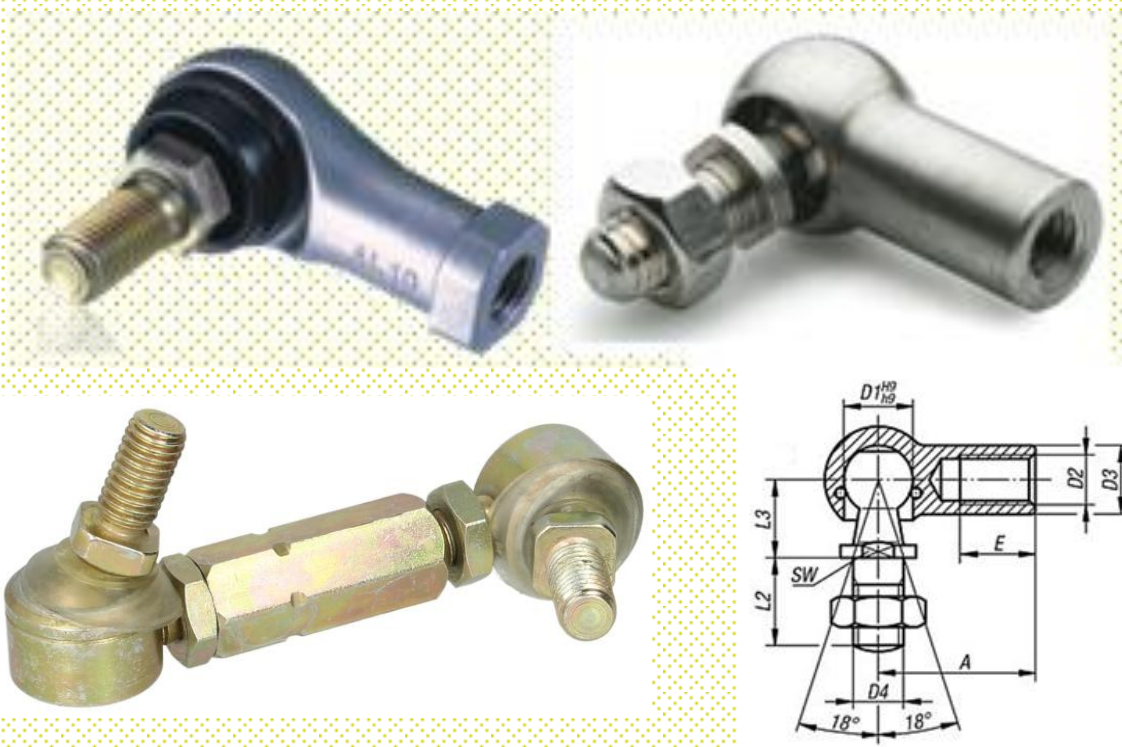


## 2.2. Кульові шарніри (накінецьники з цапфою)

Кульовий шарнір являє собою шарнірний підшипник ковзання, в якому деталі, зібрані в вузол, здатні приймати положення під різними кутами один до одного, оскільки переміщуються навколо загального центру - цапфи, виготовленої у вигляді сфери. Для запобігання попадання бруду шарнір закривають пильником.



**Осьові кульові шарніри**



**Кутові кульові шарніри**



Підшипники ковзання





## ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 3012-95. Підшипники кочення та ковзання. Терміни та визначення :
2. ДСТУ ISO 4378-1:2018 Вальниці ковзання. Терміни та визначення, класифікація та умовні позначки. Частина 1. Конструкція матеріалів для вальниць та їхні властивості
3. ДСТУ ГОСТ 11611:2008 Вкладыши металлические для разъемных корпусов подшипников скольжения. Конструкция и размеры
4. ДСТУ ГОСТ ИСО 7904-1:2003 Підшипники ковзання. Умовні позначення. Частина 1. Основні умовні позначення
5. ГОСТ 7199-77 Подшипники резинометаллические судовые. Технические условия
6. ГОСТ ИСО 12307-1-96 Подшипники скольжения. Свертные втулки. Контроль наружного диаметра
7. ДСТУ ГОСТ ИСО 2795-2003 Підшипники ковзання. Металокерамічні втулки. Розміри і допуски
8. ДСТУ ГОСТ ИСО 3548-2003 Підшипники ковзання. Вкладки тонкостінні з буртом або без нього. Допуски, особливості конструкції і методи контролю
9. Дейдвудные подшипники – Maprom <https://maprom.nl> > bearings
10. ГОСТ 29201-91 (ИСО 4379-78) Подшипники скольжения. Втулки из медных сплавов
11. ДСТУ ISO 4383:2015 (ISO 4383:2012, IDT) Підшипники ковзання. Багатошарові матеріали для тонкостінних підшипників ковзання
12. ДСТУ ISO 4379:2015 (ISO 4379:1993, IDT) Підшипники ковзання. Втулки з мідних сплавів
13. ГОСТ 28813-90 (ИСО 4383-81) Подшипники скольжения. Металлические многослойные материалы для тонкостенных подшипников скольжения
14. ГОСТ 28774-90 Подшипники скольжения. Втулки свертные с антифрикционным слоем на основе полиацетала-КХ. Типы, размеры и допуски
15. ГОСТ 27672-88 Подшипники скольжения. Втулки свертные. Размеры, допуски и методы контроля
16. ГОСТ 24832-81 Втулки биметаллические и вкладыши толстостенные биметаллические подшипников скольжения. Типы и основные размеры
17. ГОСТ 18282-88 Подшипники скольжения машин. Термины и определения
18. ДСТУ ГОСТ 11607:2008 Корпусы подшипников скольжения разъемные с двумя крепежными отверстиями. Конструкция и размеры
19. ДСТУ ГОСТ 11611:2008 Вкладыши металлические для разъемных корпусов подшипников скольжения. Конструкция и размеры
20. ГОСТ ИСО 6524-95 Подшипники скольжения. Контроль длины развертки вкладышей

### Интернет-ресурс:

Підшипники ковзання (шарніри, накінечники та втулки ковзання)

<https://ttk.kiev.ua> > Підшипники

Подшипники скольжения необслуживаемые | Schaeffler Украина

<https://www.schaeffler.ua> > waelzlager\_gleitlager > gleitlager\_wartungsfrei

Подшипники скольжения · Motorservice - Motorservice International

<https://www.ms-motorservice.com> > podshipniki-skolzhenija

Подшипники скольжения igus®:

<https://www.hennlich.ua> > produkcija > podshipniki-skolzhenija-igusr-5710

Подшипники скольжения - SKF.com

<https://www.skf.com> > products > bearings-units-housings > plain-bearings

[www.gidmash.ru](http://www.gidmash.ru) > catalog > materials

<https://ntckamerton.com.ua/p/724392453-perezalivka-podshipnikov-skolzheniya/>

<https://speranza-ua.com> > image > data > Thordon >

Сферические подшипники скольжения [www.podshipnick.ru](http://www.podshipnick.ru) >

sfericheskie\_podshipniki\_skolzhenija